

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

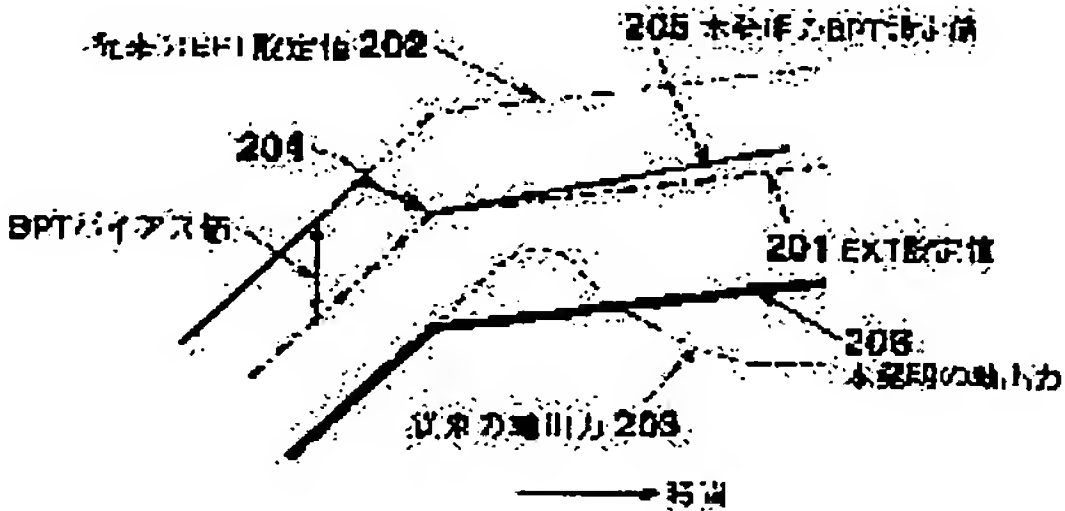
(11)Publication number : 2002-221048
(43)Date of publication of application : 09.08.2002

(51)Int.Cl. F02C 9/00
F02C 9/28

(21)Application number : 2001-014109 (71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD
(22)Date of filing : 23.01.2001 (72)Inventor : NAGATA SHOICHI
MAZAKI MORIHIKO
KOMIYAMA HIROCHIKA

(54) GAS TURBINE COMBUSTIVE VIBRATION PREVENTING DEVICE

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent combustive vibrations when the load of a gas turbine has risen.
SOLUTION: At the time 204 when sensing is made that the load of gas turbine has exceeded the specified level, the BPT bias value to be added to the EXT set value 201 for obtaining BPT set value 205 is decreased gradually, and then increased gradually to the original value.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-221048
(P2002-221048A)

(43)公開日 平成14年8月9日(2002.8.9)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
F 0 2 C 9/00		F 0 2 C 9/00	B
9/28		9/28	C

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願2001-14109(P2001-14109)

(22)出願日 平成13年1月23日(2001.1.23)

(71)出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72)発明者 永田 承一

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂製作所内

(72)発明者 真崎 守彦

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂製作所内

(72)発明者 込山 弘哉

神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3

番1号 株式会社エム・ディ・エス内

(74)代理人 100078499

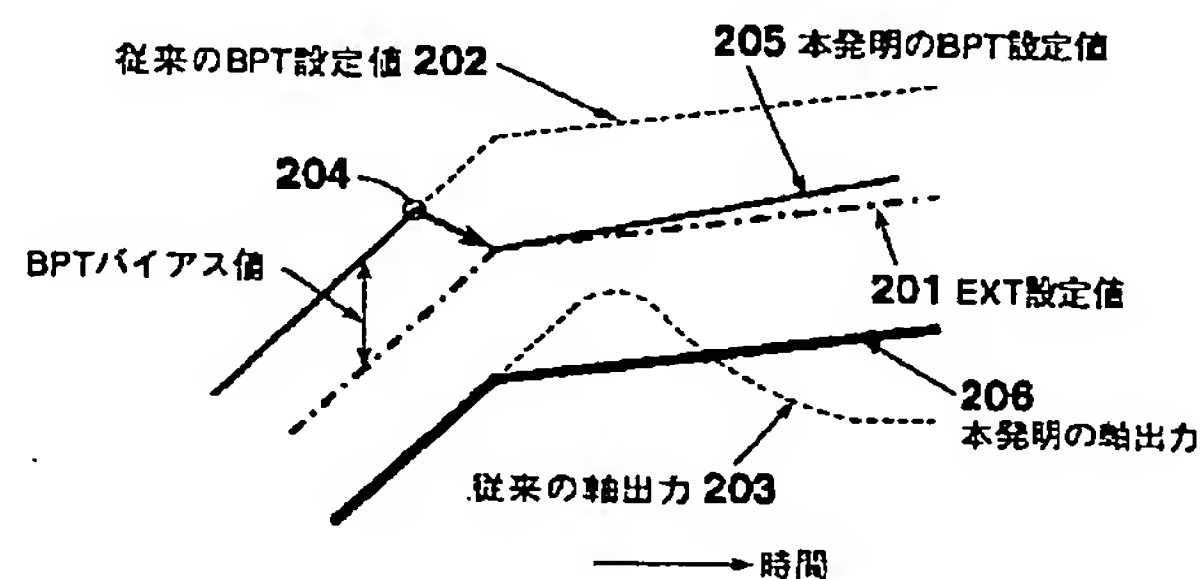
弁理士 光石 俊郎 (外2名)

(54)【発明の名称】 ガスタービン燃焼振動防止装置

(57)【要約】

【課題】 ガスタービン負荷上昇時の燃焼振動を防止すること。

【解決手段】 ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出した時点204で、BPT設定値205を得るためにEXT設定値201に加算するBPTバイアス値を漸減し、その後、元の値に漸増する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出する負荷上昇検出手段と、排ガス温度設定値に対するブレードパス温度設定値のバイアス値（以下、BPTバイアス値）を、前記負荷上昇検出手段による負荷上昇検出時点から漸減し、その後、元の値へ漸増するブレードパス温度設定値変更手段を備えることを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記ブレードパス温度設定値変更手段は前記 BPTバイアス値を所定の値（以下、所定バイアス値）まで漸減することを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【請求項 3】 請求項 2 において、前記所定バイアス値は大気温度の関数であることを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【請求項 4】 請求項 1 または 2 において、前記規定負荷は大気温度の関数であることを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【請求項 5】 請求項 1 から 4 いずれかにおいて、前記 BPTバイアス値の漸増レートは漸減レートより緩慢であることを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【請求項 6】 請求項 1 から 5 いずれかにおいて、前記負荷上昇検出手段は、ブレードパス温度が排ガス温度設定値より所定温度以上低いことを条件に、前記ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出することを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【請求項 7】 請求項 1 から 5 いずれかにおいて、前記負荷上昇検出手段は、ブレードパス温度が排ガス温度設定値より所定温度以上低くなってから所定時間経過したことを条件に、前記ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出することを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【請求項 8】 請求項 6 または 7 において、前記所定温度は大気温度の関数であることを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【請求項 9】 請求項 1 から 5 いずれかにおいて、前記負荷上昇検出手段は、自動周波数制御下げ指令の受信を条件に、前記ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出することを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【請求項 10】 請求項 1 から 5 いずれかにおいて、前記負荷上昇検出手段は、自動周波数制御下げ指令の受信から所定時間経過したことを条件に、前記ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出することを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【請求項 11】 請求項 1 から 10 いずれかにおいて、前記 BPTバイアス値の漸増時期を決定する漸増時期決定手段を備えることを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【請求項 12】 請求項 11 において、前記漸増時期決

定手段は、ガスタービンの制御がガバナ制御からブレードパス温度制御に移行したことを検出し、その検出時点を漸増開始時期とすることを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【請求項 13】 請求項 11 において、前記漸増時期決定手段は、自動周波数制御下げ指令のリセット後、所定時間経過したことを検出し、その検出時点を漸増開始時期とすることを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はガスタービン（GT）の負荷上昇時に燃焼器に発生する振動（以下、燃焼振動）を防止する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ガスタービンはガスタービン発電設備等に使用され、温度制限制御及びガバナ制御が行われる。

【0003】温度制限制御は、タービン入口ガス温度が所定の温度（大容量ガスタービンでは例えば 1350°C）を越えないように制限するための制御であり、これには、ブレードパス温度制御と、排ガス温度制御がある。

【0004】ブレードパス温度制御（以下、BPT制御）では、ブレードパス温度（BPT）と呼ばれるタービン最終段直後の排気ガス温度を熱電対で計測し、これと設定値（ブレードパス温度設定値、以下、BPT設定値）を比較し、比例積分（PI）制御により燃料流量調節弁を開閉する。

【0005】排ガス温度制御（以下、EXT制御）では、単に排ガス温度（EXT）と呼ばれるタービン最終段よりも後流の排気ダクトでの排気ガス温度を熱電対で計測し、これと設定値（排ガス温度設定値、以下、EXT設定値）を比較し、比例積分（PI）制御により燃料流量調節弁を開閉する。

【0006】BPT設定値は、一般に、EXT設定値に、温度計測位置からくる熱落差を考慮したバイアス値（ブレードパス温度設定用バイアス値、以下、BPTバイアス値）を加えた値とされる。

【0007】従来は、BPTバイアス値は一定であった。

【0008】ガバナ制御では、タービンの回転速度、言い換えればタービンに連結された発電機の回転速度と設定値を比較し、比例（P）制御により燃料流量調節弁を開閉する。

【0009】そして、BPT制御信号出力、EXT制御信号出力及びガバナ制御信号出力のうち最も低い値のものが、燃料流量調節弁に対する最終的な制御信号として使用される。

【0010】次に、ガスタービンの負荷上昇時に燃焼器に発生する燃焼振動（以下、ガスタービン燃焼振動）を

説明する。

【0011】ガスタービン燃焼振動は、具体的には、起動時を含む低負荷領域からの負荷上昇時、並びに、高負荷領域における自動周波数制御（以下、AFC）下げ指令のリセット動作による負荷上昇時に発生する。

【0012】これらの負荷上昇過程においては、最初はガバナ制御が行われ、ガスタービン出力がベース負荷（定格出力点）付近まで上昇すると、BPTがEXTよりも上流側の温度であることから、ガスタービン出力はBPT制御に制限され、その後、EXT制御に移行して、定格出力点で整定する。

【0013】その際、BPT制御の応答性（PI定数や、熱電対の応答性）の遅れから、過渡的にガスタービン出力が定格出力点からオーバーシュートしてしまう。即ち、ガスタービン入口温度が定格温度をオーバーシュートしてしまう。このオーバーシュートが、結果的に、ガスタービン燃焼振動を発生させる。

【0014】その理由の1つとして、燃焼器では燃空比制御が行われて空気量が最適化されるが、ガスタービン出力が定格出力点からオーバーシュートする原因は過渡的に燃料量が計画値をオーバーシュートすることであり、この過剰な燃料量が燃焼速度を増加させるため、燃焼圧力が変動し、燃焼振動が発生すると考えられる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の第1の課題は、負荷上昇過程において、過渡的にもガスタービン出力（ガスタービン入口温度）を定格出力点よりオーバーシュートさせずに、ガスタービン燃焼振動の抑制を可能とすることである。

【0016】本発明の第2の課題は、起動時を含めた低負荷領域からの負荷上昇過程において、過渡的にもガスタービン出力を定格出力点よりオーバーシュートさせずに、ガスタービン燃焼振動の抑制を可能とすることである。

【0017】本発明の第3の課題は、AFC（自動周波数制御）下げ指令のリセット動作時の負荷上昇過程において、過渡的にもガスタービン出力（ガスタービン入口温度）を定格出力点よりオーバーシュートさせずに、ガスタービン燃焼振動の抑制を可能とすることである。

【0018】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出する負荷上昇検出手段と、排ガス温度設定値に対するブレードパス温度設定値のバイアス値（以下、BPTバイアス値）を、前記負荷上昇検出手段による負荷上昇検出時点から漸減し、その後、元の値へ漸増するブレードパス温度設定値変更手段を備えることを特徴とする。

【0019】請求項2に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、請求項1において、前記ブレードパス温

度設定値変更手段は前記BPTバイアス値を所定の値

（以下、所定バイアス値）まで漸減することを特徴とする

【0020】請求項3に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、請求項2において、前記所定バイアス値は大気温度の関数であることを特徴とする

【0021】請求項4に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、請求項1または2において、前記規定負荷は大気温度の関数であることを特徴とする。

10 【0022】請求項5に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、請求項1から4いずれかにおいて、前記BPTバイアス値の漸増レートは漸減レートより緩慢であることを特徴とするガスタービン燃焼振動防止装置。

【0023】請求項6に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、請求項1から5いずれかにおいて、前記負荷上昇検出手段は、ブレードパス温度が排ガス温度設定値より所定温度以上低いことを条件に、前記ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出することを特徴とする。

20 【0024】請求項7に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、請求項1から5いずれかにおいて、前記負荷上昇検出手段は、ブレードパス温度が排ガス温度設定値より所定温度以上低くなってから所定時間経過したことを条件に、前記ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出することを特徴とする。

【0025】請求項8に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、請求項6または7において、前記所定温度は大気温度の関数であることを特徴とする。

30 【0026】請求項9に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、請求項1から5いずれかにおいて、前記負荷上昇検出手段は、自動周波数制御下げ指令の受信を条件に、前記ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出することを特徴とする。

【0027】請求項10に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、請求項1から5いずれかにおいて、前記負荷上昇検出手段は、自動周波数制御下げ指令の受信から所定時間経過したことを条件に、前記ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出することを特徴とする。

40 【0028】請求項11に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、請求項1から10いずれかにおいて、前記BPTバイアス値の漸増時期を決定する漸増時期決定手段を備えることを特徴とする。

【0029】請求項12に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、請求項11において、前記漸増時期決定手段は、ガスタービンの制御がガバナ制御からブレードパス温度制御に移行したことを検出し、その検出時点を漸増開始時期とすることを特徴とする。

50 【0030】請求項13に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、請求項11において、前記漸増時期決

定手段は、自動周波数制御下げ指令のリセット後、所定時間経過したことを検出し、その検出時点を漸増開始時期とすることを特徴とする。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施形態例を説明する。図1にガスタービン燃焼振動防止装置を備えたガスタービン発電設備の概要を示し、図2にガスタービン燃焼振動防止装置の構成例を示し、図3に負荷上昇の例を示し、図4にガスタービン燃焼振動防止装置の詳細な回路構成例を示し、図5に大気温度と

規定負荷の関係の一例を示し、図6に自動周波数制御(AFC)下げ指令時のBPTバイアス値(ブレードパス温度設定のバイアス値)の漸減動作例を示し、図7に起動時を含めた低負荷領域からの負荷上昇時のBPTバイアス値の漸減・漸増動作例及び本発明の作用効果を示す。

【0032】〔ガスタービン発電設備の概要〕まず、ガスタービン発電設備について図1を参照して説明する。図1中、1は空気圧縮機、2は燃焼器、3は燃料流量調節弁、4はタービン、5は発電機、6は排気ガス、7はガスタービン燃焼振動防止装置、8は温度制限制御器、9はBPTセンサ(熱電対等のブレードパス温度計測用センサ)、10はEXTセンサ(熱電対等の排ガス温度計測用センサ)、11はガバナ制御器、12はローセクタである。18は空気圧縮機1の入口温度を計測する温度センサであり、その温度計測信号18aは種々の値を大気温度の関数とするために、ガスタービン燃焼振動防止装置7に与えられる。

【0033】空気圧縮機1により空気が圧縮された後、燃焼器2に送られる。燃焼器2には燃料流量調節弁3を通して燃料が供給され、空気により燃料が燃焼する。燃焼器2で生じる燃焼ガスがタービン4を回転し、タービン4が発電機5を駆動する。タービン4を通った排気ガス6は、排気ダクトを経て蒸気タービン(図示省略)等へ送られ、排気ガス6のエネルギーが活用される。空気圧縮機1、タービン4及び発電機5は互いに連結されている。

【0034】ガスタービン燃焼振動防止装置7は基本的には、EXT設定値(排ガス温度設定値)にBPTバイアス値(ブレードパス温度設定用バイアス値)を加算してBPT設定値(ブレードパス温度設定値)を生成し、温度制限制御器8へ与える。その際、本発明により、ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出した時点から、BPTバイアス値を漸減し、その後、元の値へ漸増する。

【0035】即ち、図7に示すように、従来は、一点鎖線201で示すようなEXT設定値に固定のBPTバイアス値を加えて破線202で示すようなBPT設定値としていたため、BPT制御の応答性の遅れから、破線203で示すようにガスタービン負荷(軸出力)が過渡的

に計画値をオーバーシュートした。

【0036】これに対し、本発明では、ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出した時点204から、BPTバイアス値を漸減し、その後、元の値へ漸増することにより、実線205で示すようにBPT設定値を変更する。これにより、太線206で示すように、ガスタービン負荷が過渡的にも計画値をオーバーシュートすることがなくなり、タービン燃焼振動を防止することができる。

【0037】その際、規定負荷は、タービン燃焼振動が発生しないように、余裕をもってガバナ制御からBPT制御に移行するような値に設定する。この規定負荷値は、固定値でも良いが、一般にタービン負荷は大気温度に依存するので、大気温度の関数とするのが良い。本例では、大気温度として、空気圧縮機入口温度を温度センサ18で計測している。

【0038】また、BPTバイアス値は、BPT制御がPI制御であることを考慮して、PI制御に影響を及ぼさない範囲でなるべく素早くBPT制御に移行するようなレートで所定バイアス値へ漸減すると良い。

【0039】この所定バイアス値は、固定値でも良いが、大気温度が変動してもガスタービン燃焼振動を防止できるように、大気温度の関数にすると良い。本例では、大気温度として、空気圧縮機入口温度を温度センサ18で計測している。

【0040】また、BPTバイアス値を元へ戻す際は、タービン出力がオーバーシュートしないように、ゆっくり漸増すると良い。

【0041】温度制限制御器8では、BPT制御として、BPTセンサ9で計測したBPT(ブレードパス温度)とBPT設定値を比較し、比例積分(PI)制御信号を出力する。この制御信号出力をBPCSOと記す。

【0042】また、温度制限制御器8では、EXT制御として、EXTセンサ10で計測したEXT(排ガス温度)とEXT設定値を比較し、比例積分(PI)制御信号を出力する。この制御信号出力をEXCSOと記す。

【0043】ガバナ制御器11は、タービン4の回転速度、言い換えれば発電機5の回転速度を設定値と比較し、比例(P)制御信号を出力する。この制御信号出力をGVCSOと記す。

【0044】BPCSO(BPT制御信号出力)、EXCSO(EXT制御信号出力)及びGVCSO(ガバナ制御信号出力)はローセクタ12に入力され、そのうち最も低い値のものが、燃料流量調節弁3に対する制御信号出力CSOとして選択される。

【0045】〔ガスタービン燃焼振動防止装置の構成例〕次に、図2を参照して、ガスタービン燃焼振動防止装置7の構成例を説明する。

【0046】図2に示すように、本例のガスタービン燃焼振動防止装置7は、第1負荷上昇検出手段13と、第

1増減時期決定手段14と、第2負荷上昇検出手段15と、第2増減時期決定手段16と、BPT設定値変更手段（ブレードパス温度設定値変更手段）17を備える。

【0047】第1負荷上昇検出手段13は、BPTセンサ9で計測したBPTがEXT設定値よりも所定温度以上低いことを条件に、あるいは、BPTがEXT設定値よりも所定温度以上低くなってから所定時間以上経過したことを条件に、ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出し、BPT設定値変更手段17に通知する。

【0048】第1漸増時期決定手段14は、GVCSO（ガバナ制御信号出力）とBPCSO（BPT制御出力）を基に、ガスタービンの制御がガバナ制御からBPT制御に移行したことを検出し、その検出時点を漸増開始時期としてBPT設定値変更手段17に通知する。

【0049】第2負荷上昇検出手段15は、AFC（自動周波数制御）下げ指令の着信を条件に、あるいは、AFC下げ指令の着信から所定時間経過したことを条件に、ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出し、BPT設定値変更手段17に通知する。

【0050】第2漸増時期決定手段16は、AFC下げ指令のリセット後、その検出時点を漸増開始時期としてBPT設定値変更手段17に通知する。

【0051】BPT設定値変更手段17は、EXT設定値にBPTバイアス値を加算してBPT設定値を生成するが、BPTバイアス値の漸減と漸増には、次の2通りの手法がある。

(1) 手法1：第1負荷上昇検出手段13が負荷上昇を検出した場合は、その時点からBPTバイアス値を所定バイアス値へ漸減し始め、第1漸増時期決定手段14から漸増開始時期信号を入力した時点から元の値へ漸増し始める。

(2) 手法2：第2負荷上昇検出手段15が負荷上昇を検出した場合は、その時点からBPTバイアス値を所定バイアス値へ漸減し始め、第2漸増時期決定手段16から漸増開始時期信号を入力した時点から元の値へ漸増し始める。

【0052】上述した手法1は、図3に示すように、ガスタービン起動時の負荷上昇19を含めて、いわゆる低負荷領域からの負荷上昇20におけるガスタービン燃焼振動の防止に有効である。

【0053】上述した手法2は、図3に示すように、高負荷領域におけるAFC下げ指令のリセット動作による負荷上昇時21におけるガスタービン燃焼振動の防止に有効である。

【0054】なお、AFCは発電機出力の周波数安定化を図るための自動制御であり、そのコマンドとして、周波数が所定範囲を越えて高くなるとAFC下げ指令が与えられ、所定範囲に戻るとAFC下げ指令がリセットされる。

【0055】第1負荷上昇検出手段13あるいは第2負荷上昇検出手段15における所定温度の値は固定でも良いが、本例では大気温度が大きく変動してもガスタービン燃焼振動を防止できるように、所定温度値を大気温度の関数としている。また、大気温度として、図1に示すように、空気圧縮機入口温度を温度センサ18で計測している。

【0056】また、第1負荷上昇検出手段13あるいは第2負荷上昇検出手段15における規定負荷の値も、固定でも良いが、本例では大気温度が大きく変動してもガスタービン燃焼振動を防止できるように、規定負荷値を大気温度の関数としている。また、大気温度として、図1に示すように、空気圧縮機入口温度を温度センサ18で計測している。

【0057】更に、BPT設定値変更手段17における所定バイアス値も、固定でも良いが、本例では大気温度が大きく変動してもガスタービン燃焼振動を防止できるように、所定バイアス値を大気温度の関数としている。また、大気温度として、図1に示すように、空気圧縮機入口温度を温度センサ18で計測している。

【0058】但し、上記所定温度値、規定負荷値あるいは所定バイアス値が所望の温度範囲にて一定値である場合も、大気温度の関数の一種である。

【0059】〔ガスタービン燃焼振動防止装置の詳細回路構成例〕次に、図4を参照して、ガスタービン燃焼振動防止装置の詳細な回路構成例をBPT制御器の構成例とともに説明する。

【0060】図4中、22は規定負荷値用関数発生器、23は偏差モニタ、24はアンド回路、25はノット回路、26はオア回路、27はセットリセット回路（以下、SR回路）、29は加算器、30は偏差モニタ、31はオンディレータイマ、32は偏差モニタ、33はオフディレータイマ、34はオンディレータイマ、35はアンド回路、36は固定BPTバイアス値用信号発生器、37は所定温度値及び第1所定バイアス値用関数発生器、38は第2所定バイアス値用信号発生器、39は信号切換器、40は信号切換器、41は加算器である。また、42は減算器、43は除算器、44は信号発生器、45はBPT制御用のPI（比例積分）制御器、46は乗算器、47は信号発生器、48は加算器、49は除算器、50は信号発生器、51は上下リミッタ、52は信号発生器、53は信号発生器である。

【0061】図4における各信号の意味を予め、下記に示す。

(1) 9aはBPT信号（ブレードパス温度計測信号）であり、BPTセンサ9で計測したブレードパス温度を表す。

(2) 18aは空気圧縮機入口温度計測信号であり、温度センサ18で計測した空気圧縮機入口温度値を表す。

(3) 22aは規定負荷値信号であり、関数発生器22が

空気圧縮機入口温度の関数として発生する規定負荷値を表す。

(4) 28は所定温度値信号であり、関数発生器37が空気圧縮機入口温度の関数として発生する所定温度値を表す。

(5) 35aはアンド回路35の出力信号であり、信号切換器36を制御する。

(6) 36aは固定BPTバイアス値信号であり、信号発生器36が発生するT0なる固定値BPTバイアス値を表す。

(7) 37aは第1所定バイアス値信号であり、関数発生器37が空気圧縮機入口温度の関数として発生するT1なる第1所定バイアス値を表す。

(8) 38aは第2所定バイアス値信号であり、信号発生器38が発生するT2なる第2所定バイアス値を表す。

(9) 40aはBPTバイアス値信号であり、信号切換器40が出力する。

(10) 41aはBPT設定値信号であり、加算器41が出力する。

(11) 55はタービン負荷信号であり、タービン軸出力を表す。あるいは、ガスタービン発電設備の場合は発電機出力を表すものであっても良い。

(12) 56はBPCSO信号であり、BPT制御信号出力を表す。

(13) 57はCSO信号であり、図1のローセクタ12からの制御信号出力を表す。

(14) 58はEXT設定値信号であり、排ガス温度設定値(EXT設定値)を表す。

(15) 59はAFC下げ指令受信信号であり、AFC動作中であることを表す。

【0062】図4中、関数発生器22、偏差モニタ23、アンド回路24、ノット回路25、オア回路26、SR回路27、加算器29、偏差モニタ30、オンディレータイマ31、偏差モニタ32、オフディレータイマ33及び関数発生器37は、図2に示した第1負荷上昇検出手段13及び第1漸増時期決定手段14を構成する。

【0063】また、関数発生器22、偏差モニタ23、オンディレータイマ34及びアンド回路35は、図2に示した第2負荷上昇検出手段15及び第2漸増時期決定手段16を構成する。

【0064】更に、信号発生器36、関数発生器37、信号発生器38、信号切換器39、信号切換器40及び加算器41は、図2に示したBPT設定変更手段17を構成する。

【0065】なお、減算器42、除算器43、信号発生器44、PI制御器45、乗算器46、信号発生器47、加算器48、除算器49、信号発生器50、上下リミッタ51、信号発生器52及び信号発生器53は、BPT制御器を構成する。

【0066】[第1負荷上昇検出及び第1漸増時期決定]まず、第1負荷上昇検出及び第1漸増時期決定の動作を説明する。

【0067】関数発生器22は空気圧縮機入口温度計測信号18aを入力し、規定負荷の値を空気圧縮機入口温度の関数として発生し、これを表す規定負荷値信号22aを偏差モニタ23へ出力する。

【0068】大気温度(空気圧縮機入口温度)と規定負荷との関係は、必要に応じて、負荷変化時の温度制御移行の動作タイミングにより調整すると良い。

【0069】図5に一例として、大気温度と規定負荷との関係100を示す。この例では、大気温度とガスタービンの軸可能出力との関係101を基に、大気温度と温度制御へ移行する軸出力との関係102に対して余裕を持たせて、規定負荷を設定している。

【0070】例えば、軸可能出力が大気温度5°Cで360MW、40°Cで306MWであり、温度制御移行軸出力が大気温度5°Cで330MW、40°Cで276MWである場合、規定負荷値(軸出力)は大気温度5°Cで300MW、40°Cで246MWとされる。

【0071】偏差モニタ23はタービン負荷信号55と規定負荷値信号22aを入力し、その偏差(タービン負荷-規定負荷値)が0以上のときは"1"で、0未満のときに"0"となる信号を、アンド回路24及びノット回路25に出力する。アンド回路24の出力はSR回路27のセット端子に与えられ、ノット回路25の出力はオア回路26を通してSR回路27のリセット端子に与えられる。

【0072】オア回路26には、また、偏差モニタ32の出力がオフディレータイマ33を通して与えられる。偏差モニタ32はBPCSO信号56と、CSO信号57が入力され、その偏差が微小値例えば0.1以下(BPCSO-CSO≤0.1)のときは"1"で、それ未満(BPCSO-CSO>0.1)のときに"0"となる信号を、オフディレータイマ33へ出力する。オフディレータイマ33は入力信号を、オンタイミングはそのまま、オフタイミングのみ所定時間t1例えば3分間継続して出力する。

【0073】一方、関数発生器37は空気圧縮機入口温度計測信号18aを入力し、所定温度の値を空気圧縮機入口温度の関数として発生し、これを表す所定温度値信号28を加算器29へ出力する。加算器29はEXT設定信号58と所定温度値信号28を入力し、その加算結果(EXT設定値+所定温度値)を表す信号を偏差モニタ30へ出力する。但し、関数発生器37は必要に応じて所定温度値をマイナス設定値とする。所定温度値をマイナス設定値とすることにより、加算器29の加算結果はEXT設定値より低い温度を示す。

【0074】本例では、関数の簡単化のため、関数発生器37が発生する所定温度値を-5°C一定としている。

【0075】偏差モニタ30は加算器29の出力信号とBPT信号9aを入力し、その偏差が0以上（EXT設定値+所定温度値 \geq BPT）のときは”1”で、0未満（EXT設定値+所定温度値<BPT）のときに”0”となる信号30aを、オンディレータイマ31を通して、アンド回路24へ出力する。オンディレータイマ31は入力信号を、オフタイミングはそのまま、オンタイミングのみ所定時間t2例えば30秒間継続して出力する。即ち、出力のオンタイミングは入力の上オンタイミングから所定時間t2遅れる。

【0076】従って、SR回路27の出力信号27aの状態（”0”、”1”）とその意味は下記のようになる。

- (1) タービン負荷が規定負荷値未満の間は、SR回路27はリセットされ、その出力信号27aは”0”である。
- (2) 所定温度値を -5°C とした場合、BPTがEXT設定値よりも 5° 以上低くなってから所定時間t1以上経過したことを条件に、タービン負荷が規定負荷値以上に上昇した場合に、SR回路27はセットされ、出力信号27aは”1”となる。この条件は、図3に示したガスタービン起動時の負荷上昇19及び任意の低負荷領域からの負荷上昇20において満足される。
- (3) 従って、SR回路27の出力信号27aが”0”から”1”に変わった時点が、負荷上昇検出時点となる。つまり、BPTバイアス値の漸減開示時期である。
- (4) SR回路27のセット後に、ガスタービン制御がガバナ制御からBPT制御に移行した場合は、BPCSO-C \leq 微小値（0.1）となるので、SR回路27はリセットされ、出力信号27aは”0”となる。
- (5) 従って、SR回路27の出力信号27aが”1”から”0”に変わった時点が、BPTバイアス値の漸増開示時期となる。

【0077】このようなSR回路27の出力信号27aが、BPT設定値変更のために、信号切換器40の制御端子に与えられる。

【0078】ここで、加算器29が入力する所定温度値について説明する。

【0079】この所定温度値は前述のように本例では例えば -5°C であり、EXT設定値+所定温度値（=EXT設定値 -5°C ） \geq BPTを条件とすることにより、BPTバイアス値が所定バイアス値に変化しても直ちにはBPT制御に移行しないようにしている。

【0080】[第2負荷上昇検出及び第2漸増時期決定]次に、第2負荷上昇検出及び第2漸増時期決定の動作を説明する。

【0081】AFC下げ指令受信信号59がオンディレータイマ34を通して、アンド回路35に与えられる。オンディレータイマ34は入力信号を、オフタイミングはそのまま、オンタイミングのみ所定時間t3例えば

30秒間継続して出力する。即ち、出力のオンタイミングは入力より所定時間t3遅れる。

【0082】また、アンド回路35には、前述した偏差モニタ23の出力信号も与えられる。この信号は、偏差（=タービン負荷-規定負荷値）が0以上のときは”1”で、0未満のときに”0”である。

【0083】従って、アンド回路35の出力信号35aの状態（”0”、”1”）とその意味は下記のようになる。

- 10 (1) タービン負荷が規定負荷値未満の間は、出力信号35aは”0”である。
- (2) AFC下げ指令の着信から所定時間t3経過したことを条件に、ガスタービン負荷が規定負荷値以上であった場合に、出力信号35aは”1”となる。この条件は、図3に示した高負荷領域におけるAFC下げ指令のリセット動作による負荷上昇時21において満足される。
- (3) 従って、アンド回路35の出力信号35aが”0”から”1”に変わった時点が、負荷上昇検出時点となる。つまり、BPTバイアス値の漸減開示時期である。
- 20 (4) また、アンド回路35の出力信号35aが”1”から”0”に変わった時点が、BPTバイアス値の漸増開示時期となる。

【0084】このようなアンド回路35の出力信号35aが、BPT設定値変更のために、信号切換器39の制御端子に与えられる。

【0085】ここで、SR回路27のセットは偏差モニタ23の出力が”1”、つまり[EXT設定値+所定温度値（例えば、EXT設定値 -5°C ） \geq BPT]を条件とするので、その出力信号27aは起動時を含む低負荷領域からの負荷上昇時に”1”となる。これに対し、アンド回路35は[AFC下げ指令受信]を条件とするので、その出力信号35aは高負荷領域での負荷上昇時に”1”となる。

【0086】一方、SR回路27の出力27aは[ガバナ制御からBPT制御への移行]により”0”となり、アンド回路35は[AFC下げ指令のリセット]を条件として”0”となる。

【0087】従って、第1負荷上昇検出及び第1漸増時期決定の動作と、第2負荷上昇検出及び第2漸増時期決定の動作とが競合することはない。

【0088】[BPT設定値変更]次に、BPT設定値変更の動作を説明する。

【0089】信号発生器36は固定BPTバイアス値信号36aを発生し、信号切換器39に出力する。本例では、固定BPTバイアス値T0を例えば、 15°C とする。

【0090】関数発生器37は空気圧縮機入口温度温度計測信号18aを入力し、第1所定バイアス値T1を空気圧縮機入口温度の関数として発生し、これを表す第1

所定バイアス値信号37aを信号切換器40へ出力する。

【0091】第1所定バイアス値T1は、一例として、空気圧縮機入口温度が25°Cのとき、0°Cとされる。

【0092】信号発生器38は第2所定バイアス信号38aを発生し、信号切換器39に出力する。本例では、第2所定バイアス値T2は固定値であり、例えば、0°Cとする。

【0093】信号切換器39、40はそれぞれ、制御信号に応じて入力信号を切り換えて出力する信号切換機能と、信号切換レートを任意に設定できるレート設定機能を有している。

【0094】信号切換器39は、制御端子に入力されるアンド回路35からの信号35aが”0”の場合は固定BPTバイアス値信号36aを選択し、”1”の場合は第2所定バイアス値信号38aを選択して、信号切換器40に出力する。

【0095】そして信号切換器39において、制御信号35aが”0”から”1”に変化する場合の信号切換レートをR1、”1”から”0”に変化する場合の信号切換レートをR2とすると、本例では、 $R1 > R2$ 、一例をあげると、 $R1 = 20^\circ\text{C}/\text{分}$ 、 $R2 = 1.0^\circ\text{C}/\text{分}$ としている。

【0096】従って、前述のように固定BPTバイアス値 $T0 = 15^\circ\text{C}$ 、第2所定バイアス値 $T2 = 0^\circ\text{C}$ である場合は、BPTバイアス値は、 15°C から 0°C へ45秒間で漸減し、 0°C から 15°C には15分間で漸増する。

【0097】ここで、図6を参照して、信号切換器39におけるレートR1と、オンディレイタイマ34のディレイ時間t3について説明する。

【0098】図6(a)に示すように、AFC下げ指令を受信すると、タービン軸出力はAFC下げ指令受信後、時刻t4(例えば15秒後)から低下し始める。これに対応して、BPTは図6(b)に示すように、時刻 $t4 + t5$ まではゆっくりと低下し、その後、あるレートR3で大きく低下する。そこで、BPTバイアス値は、図6(c)に示すように、AFC下げ指令受信後、t3(= $t4 + t5$)時間たったことを条件に、タービン負荷が規定負荷値以上であったときに、BPTバイアス値をレートR1で漸減させる。このとき、BPTをBPT設定値が下回らないように、 $R3 > R1$ と設定すると良い。

【0099】なお、AFC下げ指令受信後、t3以内に負荷上昇がある場合、BPTバイアス値を変更しなくても、タービン燃焼は生じなかった。

【0100】一方、信号切換器40は、制御端子に入力されるSR回路27からの信号27aが”0”の場合は信号切換器39から出力されるバイアス値信号(固定B

Pバイアス値信号36aまたは第2所定バイアス値信号38a)を選択し、”1”の場合は第1所定バイアス値信号37aを選択して、加算器41に出力する。

【0101】この信号切換器40においても、制御信号27aが”0”から”1”に変化する場合の信号切換レートをR1、”1”から”0”に変化する場合の信号切換レートをR2とすると、本例では、 $R1 > R2$ 、一例をあげると、 $R1 = 15^\circ\text{C}/\text{分}$ 、 $R2 = 1.5^\circ\text{C}/\text{分}$ としている。

【0102】従って、前述のように固定BPTバイアス値 $T0 = 15^\circ\text{C}$ 、第1所定バイアス値 $T1 = 0^\circ\text{C}$ (大気温度25°Cにて)である場合は、BPTバイアス値は、 15°C から 0°C へ1分間で漸減し、 0°C から 15°C へは10分間で漸増する。

【0103】以上により、信号切換器40の出力信号40aが表すBPTバイアス値は、起動時を含む低負荷領域からの負荷上昇過程においては、タービン負荷が規定負荷値まで上昇したときに例えば 15°C から 0°C へ $15^\circ\text{C}/\text{分}$ のレートで素早く漸減しその後 0°C から 15°C へ $1.5^\circ\text{C}/\text{分}$ のレートでゆっくりと漸増する。

【0104】また、高い負荷領域でのAFC下げ指令のリセットによる負荷上昇過程においては、タービン負荷が規定負荷値まで上昇したときに例えば 15°C から 0°C へ $20^\circ\text{C}/\text{分}$ のレートで素早く漸減しその後 0°C から 15°C へ $1.0^\circ\text{C}/\text{分}$ のレートでゆっくりと漸増する。

【0105】加算器41は、信号切換器40からのBPTバイアス値信号40aと、EXT設定値信号58を入力し、その和(EXT設定値+BPTバイアス値)を表す信号41aを減算器42に出力する。従って、この信号41aはBPT設定値を表すので、以下、BPT設定値信号と記す。

【0106】[BPT制御]次に、BPT制御器の動作を説明する。

【0107】減算器42はBPT設定値信号41aとBPT信号9aを入力し、その偏差(BPT設定値-BPT)を表す信号を除算器43を通してPI制御器45へ与える。除算器43は信号発生器44からの信号で偏差信号を除算することにより、同偏差信号を0~1の範囲をとる信号に変換する。

【0108】PI制御器45は除算器43から0~1の偏差信号を入力し、これにPI処理を施して乗算器46に与える。乗算器46は信号発生器47からの信号をPI制御器45の出力信号に乗算することにより、同信号を工学値に変換し、これをBPCSO信号56として、図1に示したローセクタ12へ出力する。

【0109】なお、本例のPI制御器45は上下限リミット機能を有しており、CSO信号57と信号発生器52からの信号に基づいて、出力信号の上下を制限する。

【0110】即ち、加算器48と信号発生器53により、信号発生器53の出力信号を加算器48にてCSO信号57に加算して、CSO信号57を例えば+5%増加し、その出力を除算器49を通して上下限リミッタ51に与える。除算器49は信号発生器50からの信号で乗算器48の出力信号を除算することにより、0~1の範囲をとる信号に変換し、上下限リミッタ51に与える。上下限リミッタ51は除算器49の出力信号に上下限リミット処理を施して、PI制御器45の上限リミット端子に与える。一方、信号発生器52の出力信号がPI制御器45の下限リミット端子に与えられる。これにより、BPCSO信号56の上限と下限が設定される。

【0111】上記説明では大気温度として空気圧縮機1の入口温度を計測しているが、他の部分で大気温度を計測しても良い。空気圧縮機入口温度を用いると、吸気を水等の冷媒で冷却して空気密度増大を図るタービン発電システムの場合は、所定バイアス値や、規定負荷値、所定温度を冷却後の大気温度の関数とすることができるといふ利点がある。

【0112】

【発明の効果】請求項1に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出する負荷上昇検出手段と、BPTバイアス値を、前記負荷上昇検出手段による負荷上昇検出時点から漸減し、その後、元の値へ漸増するBPT設定値変更手段を備えるので、ガバナ制御からBPT制御へ、PI制御に影響を及ぼすことなく、ベース出力に対して余裕をもって早期に移行することができ、タービン燃焼振動が発生し難くなる。

【0113】請求項2に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、前記BPT設定値変更手段は前記BPTバイアス値を所定バイアス値まで漸減するので、タービン燃焼振動の防止作用が安定化する。

【0114】請求項3に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、前記所定バイアス値は大気温度の関数であるので、大気温度の変動に対して効果的にタービン燃焼振動を防止することができる。

【0115】請求項4に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、前記規定負荷は大気温度の関数であるので、大気温度の変動に対して効果的にタービン燃焼振動を防止することができる。

【0116】請求項5に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、前記BPTバイアス値の漸増レートは漸減レートより緩慢であるので、ガバナ制御からBPT制御へ、PI制御に影響を及ぼすことなく早期に移行することができ、また、EXT制御に確実に移行することができる。

【0117】請求項6に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、前記負荷上昇検出手段は、BPTがEXT設定値より所定温度以上低いことを条件に、前記ガス

タービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出するので、BPTバイアス値が所定バイアス値に変化しても、直にBPT制御に移行することがない。

【0118】請求項7に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、前記負荷上昇検出手段は、BPTがEXT設定値より所定温度以上低くなってから所定時間経過したことを条件に、前記ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出するので、起動時を含む低負荷領域からの負荷上昇を確実に検出することがきる。

【0119】請求項8に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、前記所定温度は大気温度の関数であるので、大気温度の変動に対して効果的にタービン燃焼振動を防止することができる。

【0120】請求項9に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、前記負荷上昇検出手段は、AFC下げ指令の受信を条件に、前記ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出するので、高負荷領域での負荷上昇を検出することがきる。

【0121】請求項10に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、前記負荷上昇検出手段は、AFC下げ指令の受信から所定時間経過したことを条件に、前記ガスタービン負荷が規定負荷以上に上昇したことを検出するので、高負荷領域での負荷上昇を確実に検出することがきる。

【0122】請求項11に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、前記BPTバイアス値の漸増時期を決定する漸増時期決定手段を備えるので、タービン燃焼振動の防止作用が安定化する。

【0123】請求項12に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、前記漸増時期決定手段は、ガスタービンの制御がガバナ制御からBPT制御に移行したことを検出し、その検出時点を漸増開始時期とするので、起動時を含む低負荷領域からの負荷上昇におけるタービン燃焼振動を確実に防止することがきる。

【0124】請求項13に係る発明のガスタービン燃焼振動防止装置は、前記漸増時期決定手段は、AFC下げ指令のリセット後、所定時間経過したことを検出し、その検出時点を漸増開始時期とするので、高負荷領域での負荷上昇におけるタービン燃焼振動を確実に防止することがきる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態例に係るガスタービン燃焼振動防止装置を備えたガスタービン発電設備の概要を示す図。

【図2】ガスタービン燃焼振動防止装置の構成例を示す図。

【図3】負荷上昇の例を示す図。

【図4】ガスタービン燃焼振動防止装置の詳細な回路構成例を示す図。

【図5】大気温度と規定負荷の関係の一例を示す図。

【図6】自動周波数制御下げ指令時のBPTバイアス値の漸減動作例を示す図。

【図7】起動時を含めた低負荷領域からの負荷上昇時のBPTバイアス値の漸減・漸増動作例及び本発明の作用効果を示す図。

【符号の説明】

BPCSO ブレードパス温度制御信号出力

EXCSO 排ガス温度制御信号出力

GVCSO ガバナ制御信号出力

CSO ローセレクトの制御信号出力

1 空気圧縮機

2 燃焼器

3 燃料流量調節弁

4 タービン

5 発電機

6 排気ガス

7 ガスタービン燃焼振動防止装置

8 温度制限制御器

9 BPTセンサ（ブレードパス温度計測用センサ）

9a BPT信号（ブレードパス温度計測信号）

10 EXTセンサ（排ガス温度計測用センサ）

11 ガバナ制御器

12 ローセレクト

13 第1負荷上昇検出手段

14 第1漸増時期決定検出手段

15 第2負荷上昇検出手段

16 第2漸増時期決定検出手段

17 BPT設定変更手段

18 空気圧縮機入口温度計測用温度センサ

18a 空気圧縮機入口温度計測信号

19 ガスタービン起動時の負荷上昇

20 低負荷領域からの負荷上昇

21 AFC下げ指令リセット動作時の負荷上昇

22 規定負荷値用関数発生器

22a 規定負荷値信号

23 偏差モニタ

24 アンド回路

25 ノット回路

26 オア回路

27 セットリセット回路（SR回路）

27a SR回路の出力信号（信号切換器制御用信号）

28 所定温度値信号

29 加算器

30 偏差モニタ

31 オンディレータイマ

32 偏差モニタ

33 オフディレータイマ

34 オンディレータイマ

35 アンド回路

35a アンド回路の出力信号（信号切換器制御用信号）

36 固定BPTバイアス値用信号発生器

36a 固定BPTバイアス値信号

37 第1所定バイアス値及び所定温度値用関数発生器

10 37a 第1所定バイアス値信号

38 第2所定バイアス値用信号発生器

38a 第2所定バイアス値信号

39 信号切換器

40 信号切換器

40a BPTバイアス値信号

41 加算器

41a BPT設定値信号

42 減算器

43 除算器

20 44 信号発生器

45 PI制御器

46 乗算器

47 信号発生器

48 加算器

49 除算器

50 信号発生器

51 上下限リミッタ

52 信号発生器

53 信号発生器

30 55 タービン負荷信号

56 BPCSO信号

57 CSO信号

58 EXT設定値信号（排ガス温度設定値信号）

59 AFC下げ指令受信信号

100 大気温度と規定負荷との関係

101 大気温度とガスタービンの軸可能出力との関係

102 大気温度と温度制御へ移行する軸出力の関係

201 EXT設定値

202 従来のBPT設定値（BPTバイアス値固定）

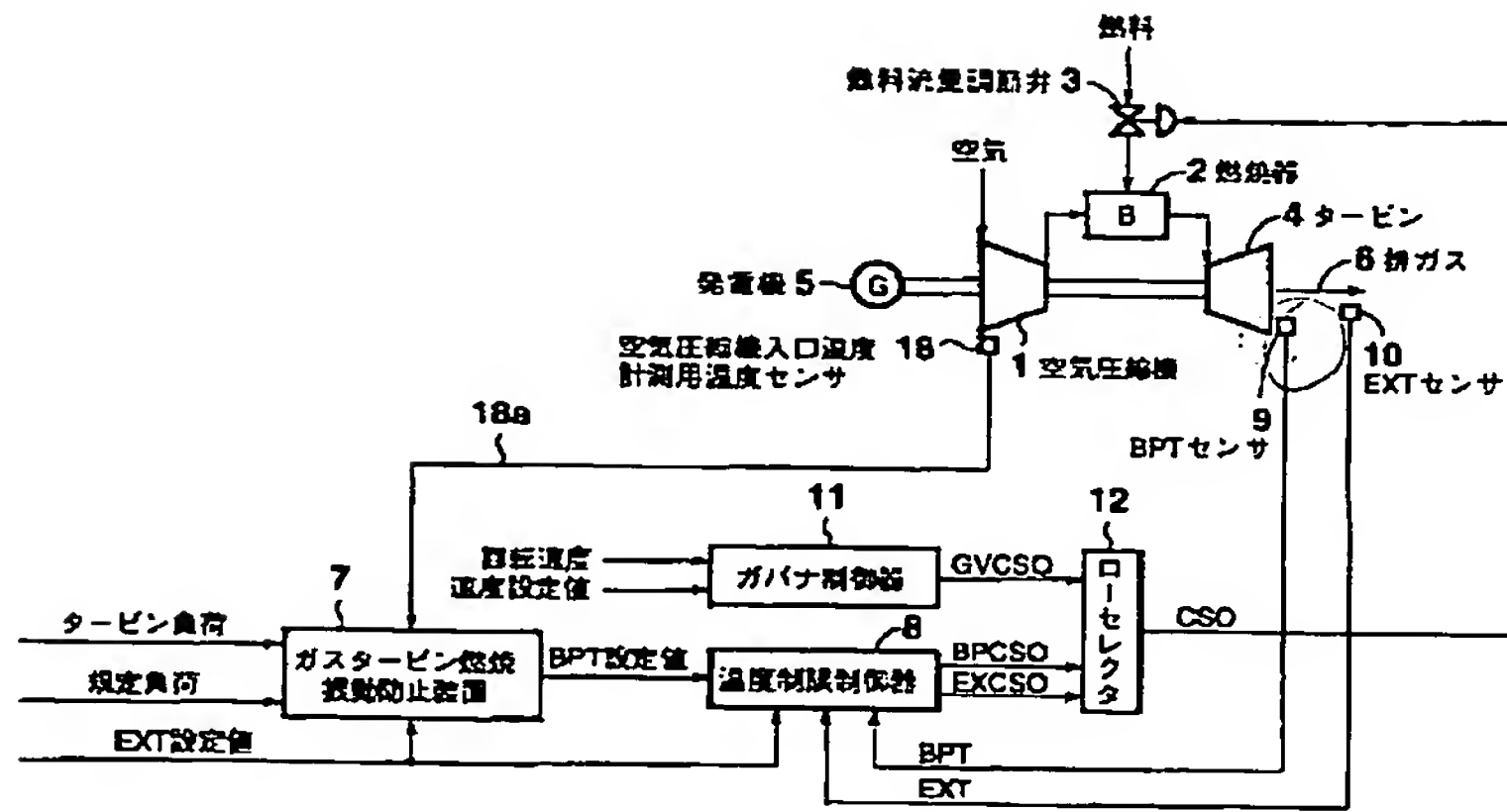
40 203 従来のガスタービン負荷（軸出力）

204 負荷上昇検出時点

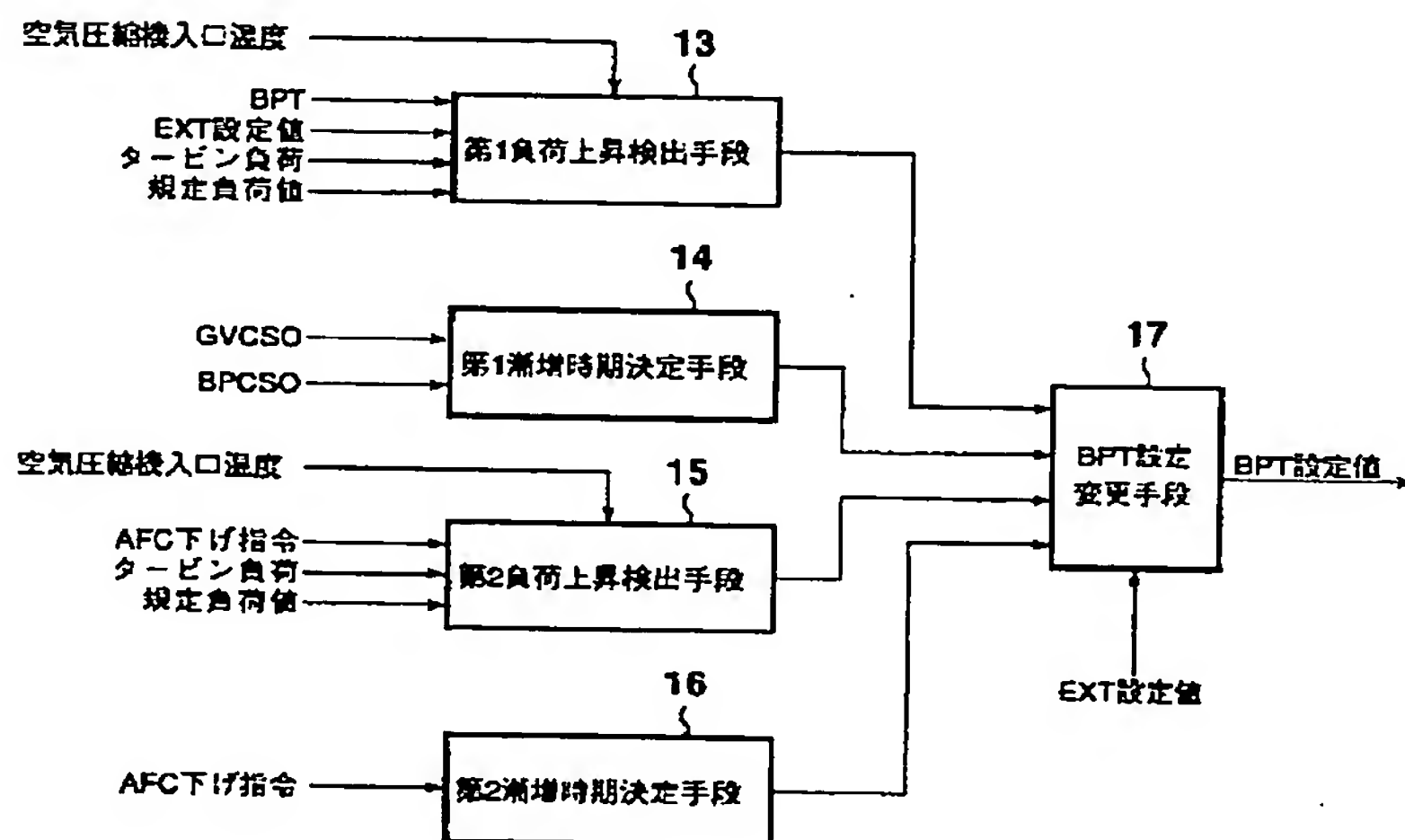
205 本発明によるBPT設定値（BPTバイアス値漸減、漸増）

206 本発明によるガスタービン負荷（軸出力）

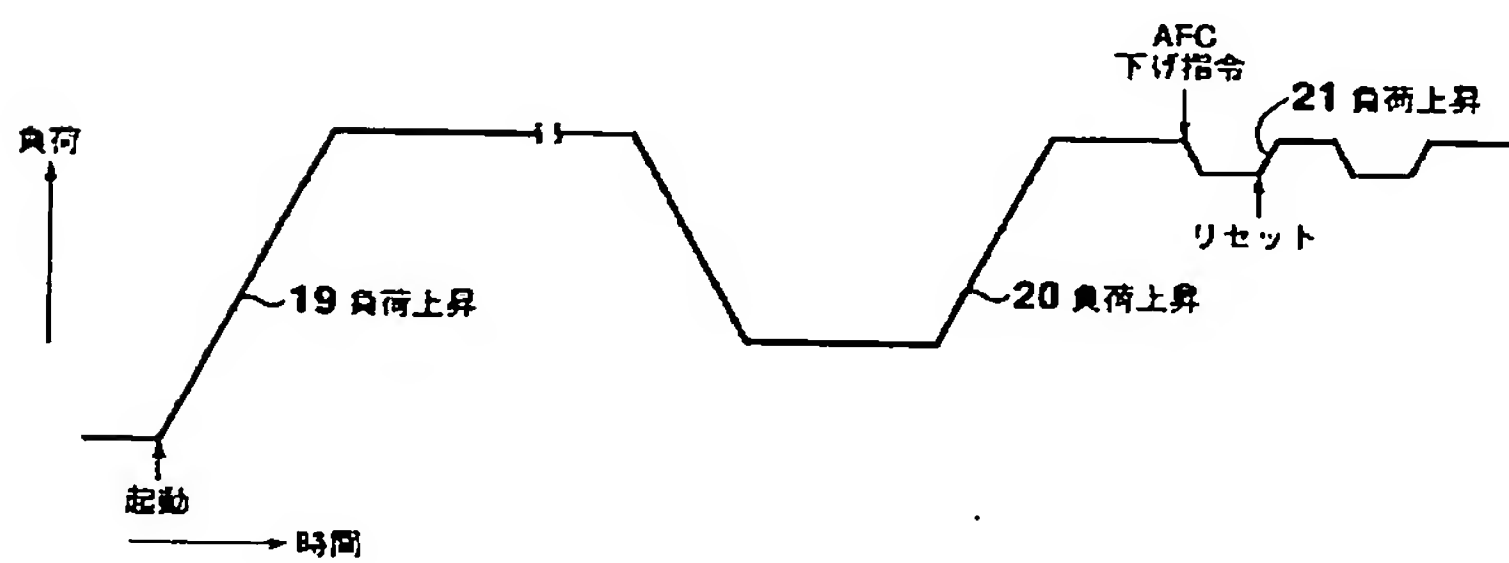
【図1】



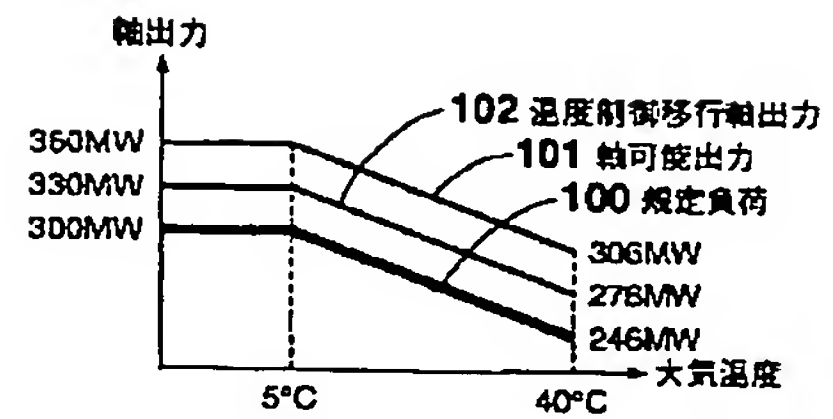
【図2】



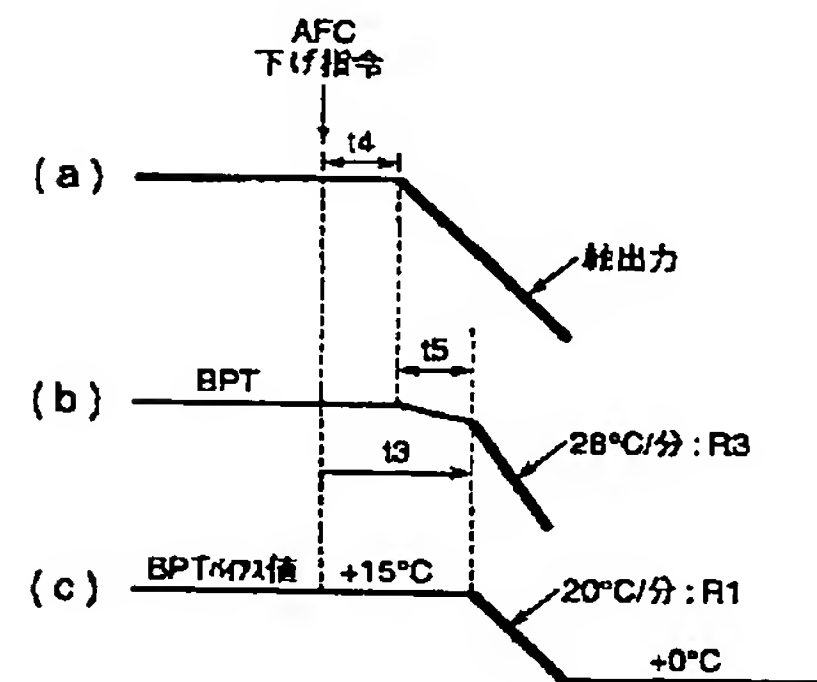
【図3】



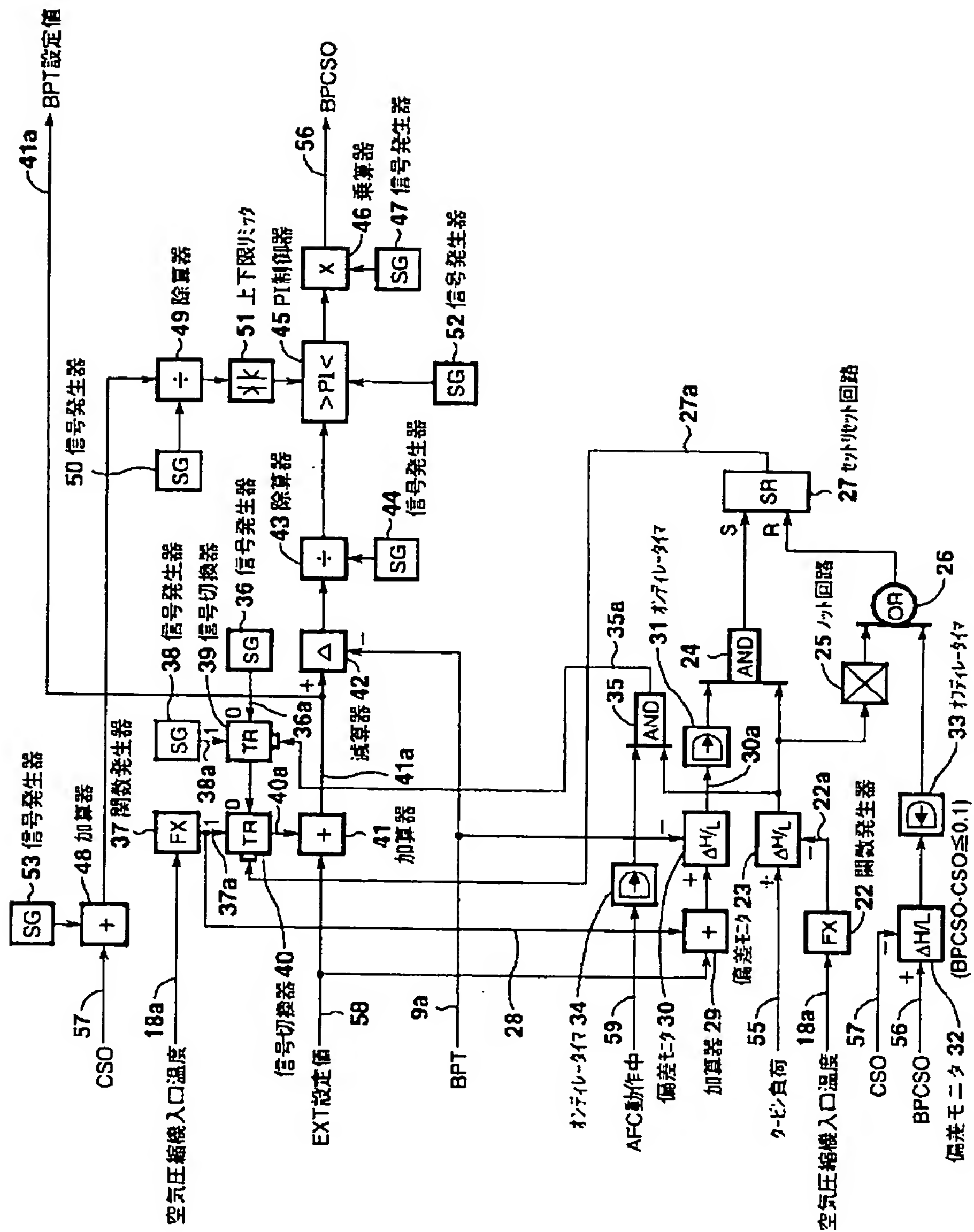
【図5】



【図6】



【図4】



【図 7】

